



中华人民共和国医药行业标准

YY/T 0756—2009

光学和光学仪器 激光和激光相关设备 激光光束功率(能量)密度分布的试验方法

Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—
Test methods for laser beam power (energy) density distribution

(ISO 13694:2000+Cor1:2005, IDT)

2009-12-30 发布

2011-06-01 实施



国家食品药品监督管理局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 测量量	1
3.2 特征参数	2
3.3 分布拟合	5
4 坐标系	5
5 根据测量的空间分布推导出的特征参数	5
6 分布拟合	6
7 试验原则	6
8 测量布置和试验设备	7
8.1 概述	7
8.2 准备	7
8.3 环境控制	7
8.4 探测器系统	7
8.5 光束整形光学元件、光学衰减器和光束分束器	8
9 试验程序	8
9.1 设备准备	8
9.2 探测器校准程序	8
9.3 数据记录和噪声修正	9
10 评估	10
10.1 选择和优化积分限值	10
10.2 控制和优化背景修正	10
11 试验报告	10

前 言

本标准等同采用 ISO 13694:2000《光学和光学仪器 激光和激光相关设备 激光光束功率(能量)密度分布的试验方法》和技术勘误 Cor1:2005(英文版)。

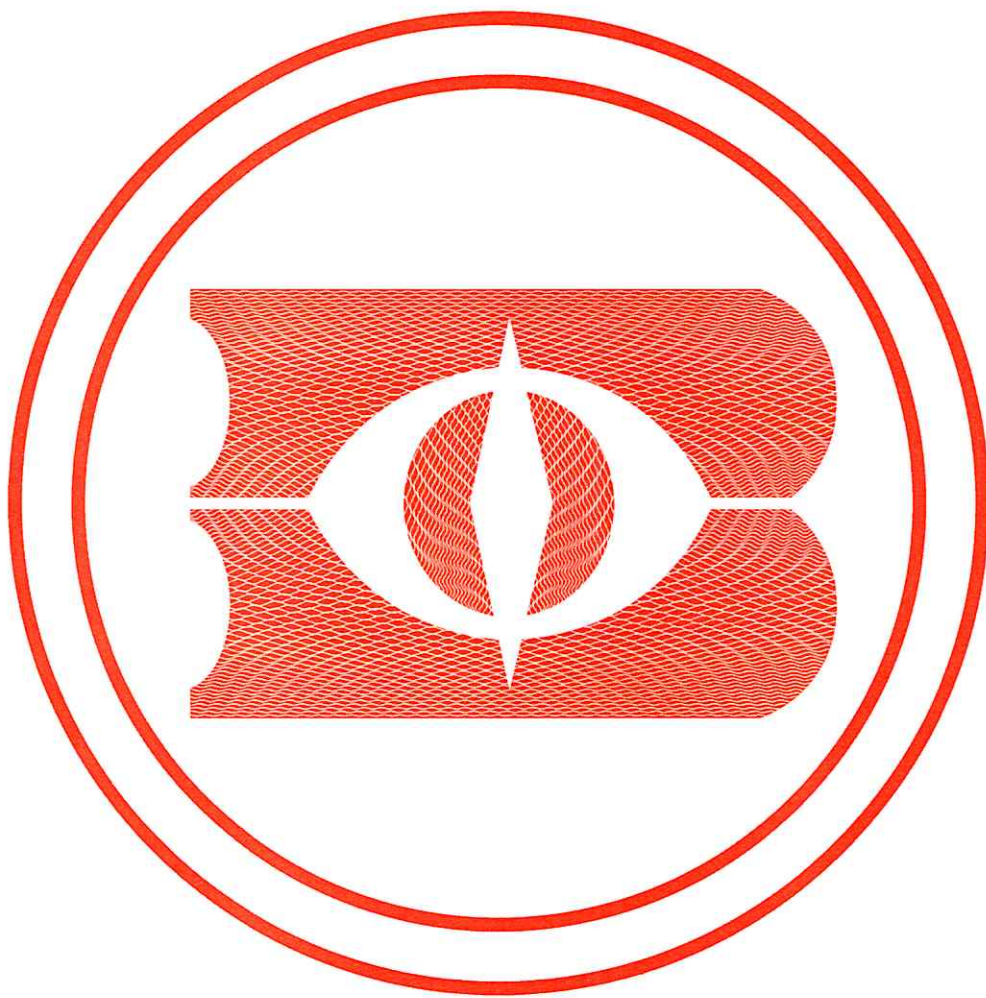
对激光的许多应用都涉及使用激光光束的近场和远场功率(能量)密度分布。激光光束的功率(能量)密度分布的特点是照射功率(能量)的空间分布,并且是垂直于传播方向一个特定平面的横向分布。通常,激光光束功率(能量)密度分布随着传播方向而变化。

本标准由国家食品药品监督管理局提出。

本标准由全国医用光学和仪器标准化分技术委员会(SAC/TC 103/SC 1)归口。

本标准起草单位:国家食品药品监督管理局杭州医疗器械质量监督检验中心。

本标准主要起草人:黄丹、孙瑜、叶岳顺、韩坚城。



光学和光学仪器 激光和激光相关设备

激光光束功率(能量)密度分布的试验方法

1 范围

本标准规定了测量功率(能量)密度分布的方法,并定义了给定平面上激光功率(能量)密度分布函数的特征参数。

本标准规定的方法适用于检测并描述光学和光学仪器中使用的连续激光和脉冲激光光束特性。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本文的引用而组成了本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 15313—2008 激光术语(MOD,ISO 11145:2006)

JB/T 6860—1993 测量激光辐射功率能量的探测器、仪器与设备(MOD,IEC 1040:1990)

ISO 11146:1999 激光和激光相关设备—激光光束参数的试验方法—光束宽度、发散角和光束传播因子

ISO 11554:1998 光学和光学仪器—激光和激光相关设备—激光光束功率、能量和时空特征的试验方法

3 术语和定义

GB/T 15313—2008、JB/T 6860—1993 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 测量量

3.1.1

功率密度 power density

$E(x, y, z)$

在位置 z 投射到 (x, y) 的 δA 面积上的光束功率除以该面积 δA 。

3.1.2

能量密度 energy density

$H(x, y, z)$

(脉冲激光束)在位置 z 投射到 (x, y) 的 δA 面积上的光束能量(功率对时间的积分)除以面积。

$$H(x, y, z) = \int E(x, y, z) dt$$

3.1.3

功率 power

$P(z)$

在位置 z 光束连续光束(cw)的功率。

$$P(z) = \iint E(x, y, z) dx dy$$

3.1.4

脉冲能量 pulse energy

$Q(z)$

在位置 z 光束脉冲波的能量。

$$Q(z) = \iint H(x, y, z) dx dy$$

3.1.5

最大功率密度(最大能量密度) maximum power (energy) density

$E_{\max}(z)[H_{\max}(z)]$

在位置 z 空间功率(能量)密度分布函数 $E(x, y, z)[H(x, y, z)]$ 的最大值。

3.1.6

最大值位置 location of the maximum

$(x_{\max}, y_{\max}, z)$

在位置 z , xy 平面上 $E_{\max}(z)$ 或 $H_{\max}(z)$ 的位置。

注: 使用高空间分辨率和相对较小动态范围的检测器进行测量时, $(x_{\max}, y_{\max}, z)$ 可能不是一个唯一值。

3.1.7

阈值功率密度(阈值能量密度) threshold power (energy) density

$E_{\eta T}(z)[H_{\eta T}(z)]$

在位置 z 最大功率(能量)密度的 η 部分。

对于连续光束: $E_{\eta T}(z) = \eta E_{\max}(z)$

对于脉冲光束: $H_{\eta T}(z) = \eta H_{\max}(z)$

$0 \leq \eta < 1$

注: 通常 η 值的选定依据为, 在测量时, $E_{\eta T}(z)$ 或 $H_{\eta T}(z)$ 仅大于探测器的本底噪声峰值。9.3 描述了使用本底噪声去除法来判定探测器零噪声水平的方法。在实际应用中, 功率(能量)密度分布类型、探测器灵敏度、线性、饱和状态、基线、偏移程度等均影响 η 值的选定。

3.2 特征参数

3.2.1

有效功率(有效能量) effective power (energy)

$P_{\eta}(z)[Q_{\eta}(z)]$

通过仅对 $E(x, y) > E_{\eta T}[H(x, y) > H_{\eta T}]$ 的位置 (x, y) 的功率(能量)密度求和来评估的功率和能量。

3.2.2

功率分数(能量分数) fractional power (energy)

$f_{\eta}(z)$

在位置 z 的分布中给定 η 的有效功率(能量)相对于总功率(能量)的份额。

对于连续光束: $f_{\eta}(z) = \frac{P_{\eta}(z)}{P(z)}$

对于脉冲光束: $f_{\eta}(z) = \frac{Q_{\eta}(z)}{Q(z)}$

$0 \leq \eta < 1$

3.2.3

重心位置 **centre of gravity**质心位置 **centroid position** $(\bar{x}, \bar{y})$ 在位置 z 的一阶矩。

注：更详细的定义参见 GB/T 15313—2008。

3.2.4

光束宽度 **beam widths** $d_{xx}(z), d_{yy}(z)$

在位置 z , x 和 y 方向上的光束宽度为 $d_{xx}(z)$ 和 $d_{yy}(z)$, 它们等于功率(能量)密度分布关于质心二阶矩平方根的 4 倍。

注 1: 更详细的定义参见 GB/T 15313—2008 和 ISO 11146。

注 2: ISO 11146 中的条款适用于以下定义和测量:

- 二阶矩光束宽度 d_{xx} 和 d_{yy} ;
- 根据透过 $u\%$ 总功率(能量)密度的最小中心狭缝宽度确定光束宽度 $d_{x,u}$ 和 $d_{y,u}$ (通常 $u=86.5$);
- 扫描狭缝法测量的光束宽度 $d_{x,s}$ 和 $d_{y,s}$, 它们是根据透过功率密度降低至 $0.135E_P$ 的位置之间距离确定的;
- 根据一个移动刀刃在 $0.84P$ 和 $0.16P$ 遮挡位置之间的距离测量的光束宽度 $d_{x,k}$ 和 $d_{y,k}$;
- 将这些不同的定义与光束宽度测量方法相关联起来的相关因子。

3.2.5

光束椭圆率(光束偏心率) **beam ellipticity (eccentricity)** $\xi(z)[e(z)]$ 用于定量表示在位置 z 一个分布的圆形或正方形(比率)的参数。

$$\text{光束椭圆率 } \xi(z) = \frac{d_{yy}}{d_{xx}}$$

$$\text{光束偏心率 } e(z) = \frac{\sqrt{d_{xx}^2 - d_{yy}^2}}{d_{xx}}$$

其中选择 x 方向为沿着分布的主轴方向, 因此 $d_{xx} \geq d_{yy}$ 注: 如果 $e \leq 0.5$ 或 $\xi \geq 0.87$, 则能将旋转对称分布认定为圆形, 将长方形分布认定为正方形。

3.2.6

光束横截面积 **beam cross-sectional area** $A_o(z)$

$$\text{对于横截面为圆形的光束: } A_o = \frac{\pi d_o^2}{4}$$

$$\text{对于横截面为椭圆形的光束: } A_o = \frac{\pi d_{xx} d_{yy}}{4}$$

3.2.7

有效辐射区域 **effective irradiation area** $A_\eta^i(z)$ 在位置 z , 功率(能量)密度超过阈值功率(能量)密度的辐射面积。注 1: 考虑到有各种形状分布, 例如: 空心“圆环”类型, 有效辐射区域没有根据 d_{xx} 或 d_{yy} 光束宽度来定义。

注 2: 参见阈值功率(能量)密度 (3.1.7)。

3.2.8

有效平均功率密度(有效平均能量密度) **effective average power (energy) density** $E_\eta(z)[H_\eta(z)]$

在位置 z 的激光分布,以加权的方式定义的空间平均功率(能量)密度。

$$\text{对于连续光束: } E_{\eta}(z) = \frac{P_{\eta}}{A_{\eta}^i}$$

$$\text{对于脉冲光束: } H_{\eta}(z) = \frac{Q_{\eta}}{A_{\eta}^i}$$

注: $E_{\eta}(z)$ 和 $E_{\eta T}(z)$ (参见 3.1.7) 指不同的参数。

3.2.9

平坦度因子 flatness factor

$$F_{\eta}(z)$$

在位置 z 的激光分布,平均功率(能量)密度与最大功率(能量)密度的比值。

$$\text{对于连续光束: } F_{\eta}(z) = \frac{E_{\eta}}{E_{\max}}$$

$$\text{对于脉冲光束: } F_{\eta}(z) = \frac{H_{\eta}}{H_{\max}}$$

$$0 < F_{\eta} \leq 1$$

注: 对于有完全平坦顶部的功率(能量)密度分布, $F_{\eta} = 1$ 。

3.2.10

光束均匀性 beam uniformity

$$U_{\eta}(z)$$

在位置 z , 功率(能量)密度的归一化均方根(r.m.s.)与其平均值的偏差。

$$\text{对于连续光束: } U_{\eta} = \frac{1}{E_{\eta}} \sqrt{\frac{1}{A_{\eta}^i} \iint [E(x, y) - E_{\eta}]^2 dx dy}$$

$$\text{对于脉冲光束: } U_{\eta} = \frac{1}{H_{\eta}} \sqrt{\frac{1}{A_{\eta}^i} \iint [H(x, y) - H_{\eta}]^2 dx dy}$$

注 1: $U_{\eta} = 0$ 表明有一个完全均匀的分布, 曲线形状为平顶和垂直边缘。 U_{η} 可以表示为小数或百分比。

注 2: 通过对设定阈值限值之间光束面积的积分, 本定义可以对任意形状的光束轨迹用均匀性来进行量化。因此, 可以对总的光束功率(能量)的不同部分来测量均匀性, 而无需明确规定窗口大小或无需提到分布的形状或大小。从而使用 3.2.2 和 3.2.10 中的公式, 可以不用考虑分布的形状或大小等就可以表述为: “使用 $\eta = 0.3$ 的设定时, 可以知道在位置 z , 85% 的光束功率(能量)对它的均值具有 $\pm 4.5\%$ r.m.s. 的均匀性”。

3.2.11

平顶均匀性 plateau uniformity

$$U_p(z)$$

(对于近似平顶曲线的分布)

$$\text{对于连续光束: } U_p(z) = \frac{\Delta E_{FWHM}}{E_{\max}}$$

$$\text{对于脉冲光束: } U_p(z) = \frac{\Delta H_{FWHM}}{H_{\max}}$$

其中 ΔE_{FWHM} (ΔH_{FWHM}) 是靠近功率(能量)密度柱状图 $N(E_i)$ [$N(H_i)$] 中 $E_{\max}$ ($H_{\max}$) 的峰值功率变化量半高全宽度的功率(能量)密度值, 其中柱状图 $N(E_i)$ [$N(H_i)$] 中 (x, y) 位置给定的功率(能量)密度记为 E_i (H_i)。

注: $0 < U_p < 1$; $U_p(z) \rightarrow 0$ 表示分布趋于平顶。

3.2.12

边缘陡度 edge steepness

$$s(z)$$

分别对应于功率(能量)密度在 $0.1E_{\max}(z)[H_{mzx}(z)]$ 和 $0.9E_{\max}(z)[H_{mzx}(z)]$ 的有效辐射面积 $A_{0.1}^i(z)$ 和 $A_{0.9}^i(z)$ 之间的归一化差值。

$$s(z) = \frac{A_{0.1}^i(z) - A_{0.9}^i(z)}{A_{0.1}^i(z)}$$

$$0 < s(z) < 1$$

注: $s(z) \rightarrow 0$ 表示分布的边缘趋于垂直。

图 1 给出了一维均匀功率密度分布的 $E_{\max}$ 、 E_{η} 、 P_{η} 、 A_{η}^i 、 F_{η} 、 U_{η} 和 s 参数图示说明。

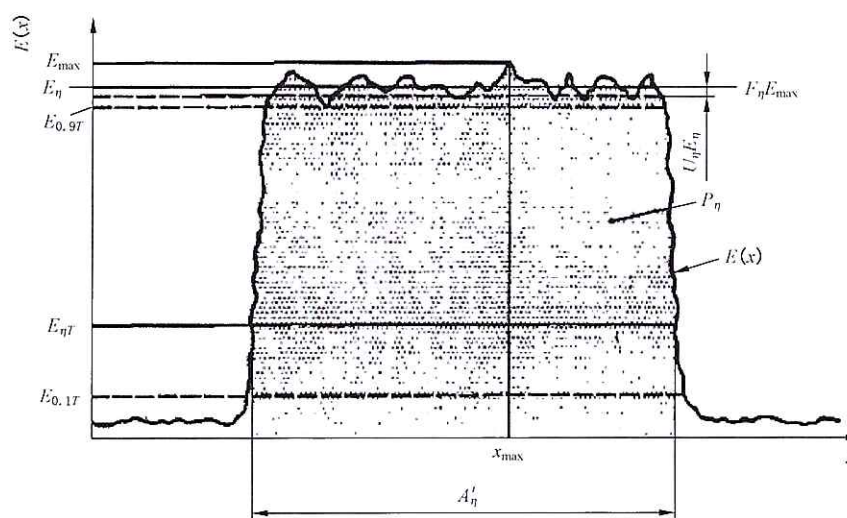


图 1 一维均匀功率密度分布 $E(x)$ 的图示

3.3 分布拟合

3.3.1

拟合粗糙度 roughness of fit

R

理论拟合与测量分布之间的最大偏差

$$R = \frac{|E_{ij} - E_{ij}^f|_{\max}}{E_{\max}}$$

其中 E^f 为拟合的理论分布

$$0 < R < 1$$

注: $R \rightarrow 0$ 表示拟合趋于完善。

4 坐标系

x, y, z 笛卡尔坐标轴规定了光束轴系的正交空间方向。 x 轴和 y 轴与光束垂直并确定了光束的横截面。光束沿着 z 轴传播, z 轴的原点位于激光器制造商给定的 xy 参考面上, 例如激光器外壳的前端面。对于椭圆光束, 分布的主轴相应地与 x 轴和 y 轴重合。对于分布的主轴相对实验坐标系有旋转的情况, ISO 11146 中用方位角 φ 描述实验坐标系坐标轴旋转的条款适用。

5 根据测量的空间分布推导出的特征参数

在定义 3.2.1~3.2.12 中, 必须对 $E(x, y) > E_{\eta T}$ 或 $H(x, y) > H_{\eta T}$ 的所有 (x, y) 位置计算求和积

分。对于截取求和积分,“阈值削波”(threshold clipping)法与 ISO 11146 中计算二阶矩光束宽度的 99% 功率(能量)空间窗口截取(spatial aperture traction)法不同。在使用“阈值削波”法之前,必须对测量的信号应用适当的本底消除法。根据 3.1.7 的注,通常在测量时当 $E_{\eta T}$ 或 $H_{\eta T}$ 略大于本底噪声峰值就选择 η 的值。

注:由于实际激光光束的横向尺寸有限,并且用于测量其功率密度分布的探测器的空间分辨率有限,因此,本标准的计算中使用的定义应该更加精确地包括离散有限和而不是包含连续积分。使用有限的积分,原因在于该积分比求和具有更紧凑的形式,并且通常实际上也是这么使用的。关于实际积分限值的选择方面的更多信息,请参见 10.1。

6 分布拟合

对于测量分布的理论拟合,下列方法比最小二乘法¹⁾优先使用。通过测量可以确定 5 个参数:质心位置 $(\bar{x}, \bar{y})$, 光束宽度 d_{sx} 和 d_{sy} 以及总光束功率(能量) $P(Q)$, 然后使用这些数据作为理论分布 $E^f(x, y)$ 的质心, 标准差和归一化(曲线下面积)的最佳估计。

可以进行拟合的常见分布的函数形式举例如下:

$$E^f(x, y) = E_0^f e^{-\frac{1}{2}r^{2n}}$$

$$\text{其中 } E_0^f = \frac{16n^2 P}{2^{\frac{1}{n}} \Gamma^2(\frac{1}{2n}) d_{sx} d_{sy}}$$

$$\text{和 } r^{2n} = \left[\left\{ \frac{4(x - \bar{x})}{d_{sx}} \right\}^2 + \left\{ \frac{4(y - \bar{y})}{d_{sy}} \right\}^2 \right]^n$$

当 $n=1$ 时,拟合成高斯函数,并有 $E_0^f = \frac{8P}{\pi d_{sx} d_{sy}}$ 。

当 $n=2, 3, \dots$ 时,拟合成超高斯函数。

环形与超环形(Donut 与 SuperDonut)函数: $E^f(x, y) = E_0^f r^{2n} e^{-\frac{1}{2}r^{2n}}$

均匀(平顶、帽顶或矩形)函数:

$$E^f(x, y) = \frac{P}{A_{\eta}^i} \quad \text{在 } E(x, y) > E_{\eta T} \text{ 处的位置 } (x, y),$$

$$E^f(x, y) = 0 \quad \text{在其他位置。}$$

对于拟合均匀分布,应使用测量分布中获得的 A_{η}^i 值。

必须用这些理论分布的一维形式对测量分布的横截面进行拟合。随后,应对横截面的线性和方位坐标进行说明。

7 试验原则

通过在光束中放置空间分辨率探测器测量功率(能量)密度分布 $E(x, y)[H(x, y)]$, 或者直接在光束中测量辐照度。直接在 z 位置处放置探测器, 探测器平面与光束传播方向垂直, 或者用合适的光学成像系统将在位置 z 的光束投射到探测器平面中。需要测量稳定的功率(能量)密度的分布。对于功率(能量)瞬态波动的激光器, 必须使用平均功率(能量)密度。在完成测量 $E(x, y)[H(x, y)]$ 后, 从 3.2 给出的定义中计算表征光束功率(能量)密度分布的参数。

1) 拟合位置的最小二乘法在所有分布区域的权重相同。对于很多分布, 两翼和中央区域的权重相同并不合适。

8 测量布置和试验设备

8.1 概述

为了测量激光光束的功率(能量)密度分布,可以使用任何具有高空间分辨率和高动态范围的测量装置。

定量测量激光光束功率密度分布的常用方法包括:一维和二维矩阵照相机阵列,单轴和双轴扫描针孔,单轴扫描狭缝或刀刃技术,通过可变光阑进行传输和用反射、荧光、磷光和胶片曝光的二维密度测定法。

8.2 准备

激光光束应该与测量系统的光轴同轴,为此可以采用合适的光学调准装置。必须确认在测量期间光束指示的任何变化都不会对测量所需的精度有影响。

必须正确安放分束器、衰减器和成像透镜等光学元件,使得光轴通过光学元件的几何中心。应当注意避免系统误差。反射光、外界的背景光、热辐射或空气流动都是潜在的误差来源。

光学系统的视场必须覆盖激光光束的整个横截面,被消除部分或衍射损失必须小于总光束功率或能量的1%。

在初始准备工作完成后,必须对激光光束是否全部照射到探测器表面进行评估。为了检验该项,可以在光路中的每个光学元件和探测器前放置不同直径的光阑。当光阑使激光降低5%时,其直径应该小于光学元件孔径的0.8倍。

8.3 环境控制

为了确保所有可能的误差对所测参数的影响很小,需要采取一系列适当的措施,例如测试装置采取力学和声学隔离、屏蔽外来辐射、控制实验室温度的稳定、选用低噪声放大器。

特别要注意确保高功率(能量)激光光束所经过的空气环境里不存在能吸收激光辐射和导致光束功率(能量)密度分布失真气体的气体或蒸汽。

8.4 探测器系统

测量激光束功率(能量)密度分布参数需要使用与所检测激光波长相对应的高空间分辨率和高信噪比的功率(能量)计。测量的精度直接与探测器系统的空间分辨率和信噪比有关。下述各条必须遵守执行,并做适当记录。

- 必须根据生产商所提供的数据或者根据与规定激光波长相对应的测量,确定探测器对输入激光功率(能量)的饱和水平、信噪比和线性度。必须使探测器或光阑对波长的依赖性、非线性或非均匀性减少到最小,或者通过一个校准程序来进行校正。
- 传感器的动态范围必须大于100:1。
- 为了得到足够的空间分辨率,必须使用2 500个以上空间非重叠的数据点(x, y)来标记一个信号。
- 必须注意确认探测器表面对相关波长和脉冲宽度的功率(能量)密度损坏阈值,以免激光光束超过该阈值。
- ISO 11146中描述用于测量光束宽度的可变光阑、扫描狭缝和刀刃的方法,也适用于测量位置 z 处的光束振幅分布。
- 当使用扫描仪器来测定功率(能量)密度分布函数时,必须注意确保在整个扫描周期内激光输出在空间和时间上是稳定的。

——当测量脉冲激光光束时,为了确保在取样期间光束参数不发生变化,要测量触发延迟时间和取样间隔,并记录在测试报告中。

8.5 光束整形光学元件、光学衰减器和光束分束器

如果光束横截面积大于探测器面积,或者探测器系统不能放在位置 Z 的平面上,必须用一个合适的光学系统将位置 Z 处的激光光束横截面成像在探测器表面。在这种情况下,必须标注所采用的成像系统的放大(缩小)倍数。

必须选择对激光波长合适并且无像差的光学元件。可能需要使用衰减器来减小探测器表面的激光功率(能量)密度。当激光输出功率(能量)密度超过探测器的工作(线性)范围或损坏阈值时,必须使用光学衰减器。光学衰减器对波长、偏振方向和角度的依赖性,以及非线性,非均匀性,必须减少到最小,或者通过一个校准程序来进行修正。

使用的光学器件必须不能明显地影响相对功率(能量)密度的分布。当将激光光束成像在探测器表面时,必须在评估过程中考虑放大(缩小)倍数。

必须注意确保不能通过探测器或探测器系统引入足够影响被测的功率(能量)密度分布的效应,例如激光光束的杂散反射、散射或干涉。例如,在矩阵探测器的情况下,可能通过传感器窗口引入这样的伪效应,在这样的情况下,合适的补救措施可以是应用增透膜或者同时移开窗口。

9 试验程序

9.1 设备准备

如果制造商没有其他规定,则在测量前必须对激光器和传感器装置预热 1 h。必须根据制造商的规定来确定工作条件。

阻断所有 (x, y) 位置的光束后,记录 $E_B(x, y) > 0$ 或 $H_B(x, y) > 0$ 的背景信号,根据背景噪声水平,对探测输出信号和数据采集电子仪器之间进行调整。

为了在光束参数(见 9.3.2)计算中补偿正负噪声振幅,应检查信号中负噪声的峰值是否被探测器系统剪除。

必须调整探测器电子读数系统的增益,以便能够使用测量系统的满档线性动态范围。必须通过使用衰减器(见 8.5)和(或)探测器电子仪器的增益控制来调整信号对测量系统动态范围的高度,以确保信噪比至少为 100 : 1。

9.2 探测器校准程序

9.2.1 空间校准

必须进行空间校准,例如在位置 z 处垂直于光束传播方向的光束中放置尺寸已知的光阑或其他遮挡物体,并且根据探测器的记录测量其有效尺寸。当使用成像光学元件将平面成像在位置 z 处的探测器表面上时,所选择的遮挡物尺寸必须能有效地降低像的衍射效应,这可以通过选择成像系统的分辨率来实现。在位置 z 直接放置传感器的布置中,必须将遮挡装置与传感器有效的接触,从而可以使边缘衍射效应降至最低。

9.2.2 功率[能量]校准

如果需要功率(能量)密度分布的绝对值,必须对功率(能量)进行校准:首先记录未校准的功率(能量)密度分布 $E'(x, y)$ [或 $H'(x, y)$], 然后计算未校准的总积分功率密度 P' (未校准的总积分能量密度 Q')。

对连续波光束: $P' = \iint E'(x, y) dx dy$

对脉冲光束: $H' = \iint H'(x, y) dx dy$

然后在位置 z 处用一个合适的校准过的仪器对总光束功率 P (脉冲能量 H) 进行独立测量。JB/T 6860—1993 和 ISO 11154 中的条款适用于单元辐射探测系统和位置 z 处光束功率 P 和脉冲能量 Q 的测量方法。该测量方法给出了功率(能量)密度分布的绝对值校准:

对连续波光束: $E(x, y) = \frac{P}{P'} E'(x, y)$

对脉冲光束: $H(x, y) = \frac{Q}{Q'} H'(x, y)$

9.3 数据记录和噪声修正

9.3.1 概述

在去除阻断重新打开激光光束后,必须测量和记录功率(能量)密度分布 $E_{meas}(x, y)$ [或 $H_{meas}(x, y)$]。对于脉冲激光,必须在 9.3 的内容中用能量密度 H 代替功率密度 E 。在脉冲激光的情况下,必须注意在总的脉冲期间能量是累积的。

根据条款第 9 章和条款第 10 章必须进行至少 10 次的独立测量,同时必须计算所有的值和标准差并且必须在试验报告中给出。对于暂态波动的激光光束曲线,可以通过对至少 10 次 $E_{meas}(x, y)$ 或 $H_{meas}(x, y)$ 独立数据进行平均来对分布进行时间平均测量。

记录为 $E_{meas}(x, y)$ 或 $H_{meas}(x, y)$ 的信号能被分为两部分之和: 试验中由光束产生的功率(能量)密度分布 $E(x, y)$ [或 $H(x, y)$] 真值和由其他源如外界、环境辐射或者由传感器本身产生的非均匀背景图 $E_B(x, y)$ 。

$$E_{meas}(x, y) = E(x, y) + E_B(x, y)$$

对于适用于 3.2.3 和 3.2.4 中定义参数的背景修正条款,见 GB/T 15313—2008 和 ISO 11146。当评估 3.2.1、3.2.2 和 3.2.7—3.2.14 中定义的光束参数时,必须用背景修正程序来消除分布两侧在积分(求和)中占主导的噪声。必须通过减去背景图或所记录信号的平均背景来进行背景修正。对于在传感器整个区域都具有一个恒定背景水平的探测系统,根据 9.3.3 能够使用减去平均背景水平来进行修正。在其他情况下,必须根据 9.3.2 的规定减去整个背景图。

9.3.2 通过背景图减法进行修正

使用完全相同的试验布置,必须在获得功率(能量)密度分布“信号图”之前记录下“暗像”背景图 $E_B(x, y)$ 。对于连续激光器,必须在光束从激光外壳出口的位置处阻断光束。对于脉冲激光器,可以在不触发激光时获得数据。

使用背景图减法,修正后的分布为:

$$E(x, y) = E_{meas}(x, y) - E_B(x, y)$$

注: 在暂态波动残留环境辐射投射到探测器上并可能使结果失真的情况下,必须连续测量背景图和信号图。对于脉冲激光器或带有快速光闸的连续激光器,使用探测器系统的连续采样周期,并结合在线背景减法来进行这种测量。

作为背景减法的结果,在修正后的功率(能量)密度分布中可能存在负的噪声值。为了允许对正负噪声幅值进行补偿,必须在后面的评估中包括这些负的数值。

减去背景图并不一定会导致零点的基线偏移,即使是较小的基线偏移也会在评估表征测量的功率(能量)密度分布的参数中产生较大的误差。必须注意将这些基线偏移误差减少到最小。

9.3.3 通过平均背景减法进行修正

对于在传感器整个区域都具有一个恒定背景水平的探测系统,能够通过减去平均背景水平来进行测量分布的修正。

对背景分布 $E_B(x, y)$ 进行至少 $M \geq 10$ 次测量,在探测器区域上进行平均,推导出探测器区域上平均探测器背景水平 $\overline{E_B}$ 。

$$\overline{E_B} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E_{B,i,j}$$

其中 N 是探测器上独立 (x, y) 数据记录点的总和。

使用平均背景减法,修正后的分布为:

$$E(x, y) = E_{\text{meas}}(x, y) - \overline{E_B}$$

10 评估

10.1 选择和优化积分限值

这些条款适用于选择积分限值,这些积分限值是针对描述 3.2.1、3.2.2、3.2.7~3.2.14、3.3.3 和 3.3.4 中所定义功率(能量)密度分布的参数求和而言。对于适用于 3.2.3 和 3.2.4 中所定义参数的条款,请见 GB/T 15313—2008 和 ISO 11146。

为了在预期的测量不确定度范围内,表征功率(能量)密度分布参数的计算结果必须不受所选择的用于测量的阈值分数 η 影响。必须通过改变 η 值的 5%~10%,例如自 $\eta=0.01$ 至 $\eta=0.011$ 和重新计算相关的参数来检查计算不受设定阈值 $E_{\eta T}$ 或 $H_{\eta T}$ 的影响。如果差值大于预期的测量不确定度,必须选择另一个阈值来计算。应重复这个步骤直到找到一个使计算参数稳定的 η 值。

既然 3.2.7、3.2.9~3.2.14 中定义的所有参数必须不受用于测量功率(能量)密度分布的激光功率(脉冲能量)影响,可以通过均匀地改变位置 z 处 xy 平面的功率(能量) $P(Q)$,并且检查重新计算的值是否保持在预期的测量不确定度范围内来确认探测系统的自检一致性。

例如,必须确认 3.2.2 中 $f_{\eta} = P_{\eta}/P$ (或 $f_{\eta} = Q_{\eta}/Q$) 有一个接近均匀性的值,并且在位置 z 对于激光功率(脉冲能量)出现较小的变化时(譬如 20%之内)仍然保持稳定。通过使用一个单独校准过放置在位置 z 处的光束功率(能量)监视器的数值与已测量值进行比较,能够检查用于计算 $P_{\eta}(Q_{\eta})$ 的 η 的有效性。9.2.1 和 9.2.2 中描述了探测系统空间和功率(能量)校准的步骤。

10.2 控制和优化背景修正

必须使用修正后的功率(能量)密度分布来计算 3.2 中定义的参数。必须通过改变阈值检查平均背景是否合理地置零,并且检查表征功率(能量)密度分布的参数是否具有足够的稳定性。

必须通过在 5%~10% 的范围内改变 $E_{\eta T}$ 或 $H_{\eta T}$ 设定值,并且重新计算表征功率(能量)密度分布的参数来检查用于背景图和平均背景减法修正步骤的有效性。如果差值大于预期的测量不确定度,则可能需要采用另一个背景修正并进行优选。在预期的测量不确定度范围内,表征功率(能量)密度分布参数的计算结果必须不受所选择的用于测量的阈值分数 η 影响。

11 试验报告

应记录下列试验结果,并且应包含以下信息:

试验机构的名称: _____

日期：_____ 试验者姓名：_____

a) 激光器的详情和试验条件的设置

激光器类型_____ 制造商_____

型号_____ 序列号_____

波长_____ 偏振态_____

☐ 连续波 平均输出功率_____

☐ 脉冲 平均输出功率_____ 脉冲重复率_____

脉冲能量_____ 脉冲宽度_____

光阑布置_____ 其他信息_____

b) 试验位置

选择的参考面_____

选择的实验室坐标系 X', Y', Z' _____

相对参考面的探测面_____

c) 探测系统

检测方法	探测器	特定的探测器特征
☐ 矩阵相机	☐ CCD	波长响应_____
☐ 可变光阑	☐ CID	空间分辨率_____
☐ 扫描刀刃	☐ 硅二极管	探测器的面积_____
☐ 扫描小孔	☐ 热释电器件	动态范围_____
☐ 扫描狭缝	☐ PbS 光导摄像管	信噪比_____
☐ 可变狭缝	☐ 热点光导摄像管	数字转换器分辨率_____
☐ 其他(请说明)	☐ 热电堆	单位数据点采样时间_____
	☐ 热电焦耳计	单位光束曲线采样时间_____
	☐ 热量计	采样脉冲数量_____
	☐ 其他(请说明)	

d) 光学元件布置

在位置 z 和探测器之间的光束调节光学元件

成像透镜的放大率_____

衰减因子_____

光束分束器的反射率_____

如有要求,则必须对以下参数进行说明:

e) 测量中使用的阈值分数 $\eta =$ _____

f) 在位置 z 的光束功率(能量) 平均值 标准差

光束功率 P

光束能量 Q

有效光束功率 P_η

有效光束能量 Q_η

g) 在位置 z 的平均功率(能量) 密度

平均功率密度 E_η

平均能量密度 H_η

h) 在位置 z 的光束特征值的位置 平均值 标准差

最大位置 $(x_{\max}, y_{\max})$

质心位置 $(\bar{x}, \bar{y})$

i)	在位置 z 的有效光束尺寸 方位角 ϕ 宽度 d_{ax}, d_{ay} 光束横截面积 A_{σ} 辐射区域 A_{η}^i	平均值	标准差
j)	在位置 z 的光束形状 椭圆率 ξ 偏心率 e 平坦度因子 F_{η} 光束均匀性 U_{η} 平顶均匀性 U_p 功率分数(能量分数) f_{η} 边缘陡度 s 拟合分布类型: 拟合粗糙度 R	平均值	标准差
k)	分布数据 必须在位置 z 沿着至少两个包括分布质心所定义轴线(最好为主轴)等比例地以功率(能量)密度分布图形(截面图形)的形式或以表格的形式给出数据。所给出的数据必须经过适当的背景扣除,但不能进行阈值削波(threshold clipping)。必须在分布数据中标明阈值。		

中 华 人 民 共 和 国 医 药
行 业 标 准
光学和光学仪器 激光和激光相关设备
激光光束功率(能量)密度分布的试验方法
YY/T 0756—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 28 千字
2020年5月第一版 2020年5月第一次印刷

*

书号: 155066·2-34852 定价 26.00 元



YY/T 0756-2009

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107